

AC 電流ロガー開発について

2022/1/19

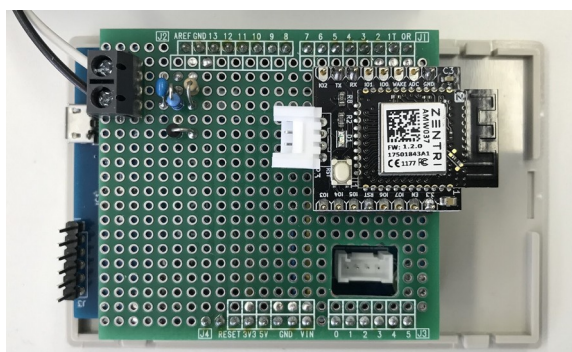
ITOC 専門研究員 東裕人

(株)島根情報処理センター製「Rboard」にカレントトランスを接続し、商用電源用 AC 電流ロガーの開発を行ったので報告する。

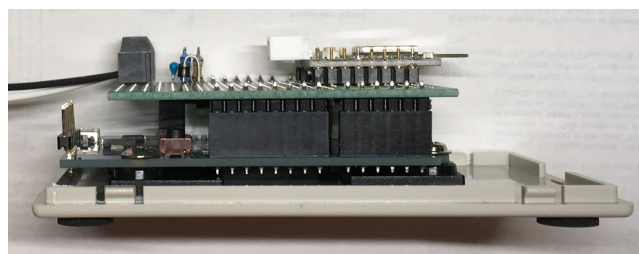
外観



外観



内部正面



内部側面

ハードウェア

全体の構成は、カレントトランス(以下 CT)でセンシングした AC 電流を Rboard の AD コンバータを使って測定を行い、一定時間ごとに WiFi 経由でサーバへ送信するものとする。

電流センサーは、絶縁性や設置の容易さから電線挟み込み式の CT を使うこととし、入手性の良いサラ株式会社製 SR-3704-150N を選定した。

WiFi モジュールは、Grove 規格で接続が可能な製品の中から、入手性がよくスイッチサイエンスにて購入可能な CRESCENT-014 を選定した。(https://www.switch-science.com/catalog/5795/) ただし、後述するとおり、開発時はケーブル一本で接続して非常に簡易に作業ができたが、基板の固定ができないため、最終成果物では半田付けとしている。

設計に関して

今回の設計目標は、Rboard のファーム仕様で提供される機能範囲内で測定を行うこととし、かつ可能な限り外部回路を簡単にする事とした。

検討(設計)が必要な事項は、大まかに以下である。

1. CT のデータシートに示された負荷抵抗 10Ω では、発生電圧が低すぎる。
2. CT の出力は交流(AC)のため、直流(DC)しか測ることができない ADC での対応。
3. サイン波ではない電流波形に対して、どのように対処するか。

1. 負荷抵抗 10Ω では、発生電圧が低すぎる件に関して

CT の出力は AC 電流のため、固定抵抗を使って電圧に変換する。メーカーのデータシートでは 10Ω の抵抗を使っているが、発生する電圧が低すぎるため AD 変換後の解像度が非常に低いものになってしまう問題がある。

そのため、オペアンプを使って増幅してから AD 変換を行う等が考えられるが、今回は簡単のため負荷抵抗を 100Ω に大きくして対処することとした。以下の方の記事によれば、この CT は 300Ω 程度までは測定が可能である旨の結果が出ているので、実質的な問題はないものと思われる。

<http://radiopench.blog96.fc2.com/blog-entry-695.html>

2. CT の出力は交流(AC)のため、直流(DC)しか測ることができない ADC での対応

種々検討したが、最終的に半波整流回路を使ってプラス側だけを測定し、マイナス側も同じ波形であると仮定して電流値を測定することとした。

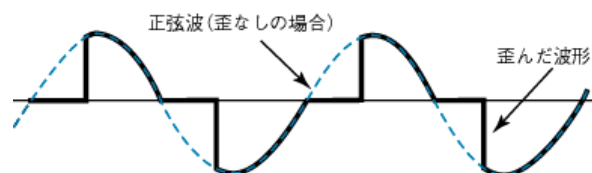
メリットは、片側だけの測定によりレンジが広くとれる事と、ゼロ点が确实である事である。デメリットは、ダイオードの V_F 特性が測定誤差になる点である。

3. サイン波ではない電流波形に対して、どのように対処するか

商用電源は本来サイン波であり、抵抗負荷などでは電流値もサイン波になる。よって、ピーク検出回路を用い、測定値 $\div \sqrt{2}$ を電流値とすることが、ソフトウェアの負担も考慮に入れると最も容易な案と思われる。

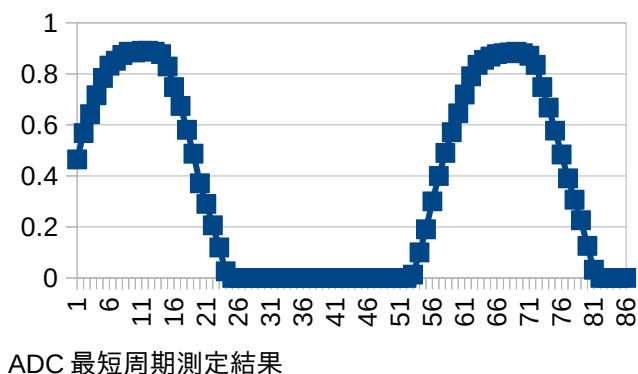
しかしながら、商用電源波形がもともと歪んでいる事や、電子回路を用いて速度調整を行う機器などでは電流波形がサイン波とは全く異なった波形となるため、誤差要因となる。

サイリスタで制御されて歪んだ電流波形



出典 <https://www.fa.omron.co.jp/guide/faq/detail/faq01725.html>

検討のため、mruby/cとRboardのADC測定周期を調べた結果を以下のグラフに示す。グラフ上、四角の点が測定ポイントである。半周期の波形が約30点測定できていることから、60Hzの商用周波数において、ある程度の波形の歪みは観測できるであろう結果が得られた。



よって、本システムでは100ms間(60Hz地域では、6周期)連続で測定し、全データを使って電流実効値を計算することとした。

ソフトウェア

RboardのADCクラスを使い、ループで連続してreadをすることで、連続測定を行う。また100msという測定時間を計るために、単調増加カウンタ、VM.tick()を利用する。Rboardにおいて、tick = 1msであるため、100増加を見ている。

【データ取得部抜粋】

```
$adc = ADC.new(20)
t1 = VM.tick() + 100
while VM.tick() < t1
  v = $adc.read()
  (省略)
end
```

測定値(電圧)の電流への換算は、以下の式により真の実効値計算を行った後、CTの変流比3000と負荷抵抗100Ωの値を使って電流値に換算する。

$$V_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N+1} \sum_{k=0}^N v_k^2}$$
$$I_{rms} = V_{rms} \times 3000 \div 100$$

サーバーへのデータ送信は、http postプロトコルでREST-APIで受け付けるサーバーに対してデータ送信を行う事を想定した。

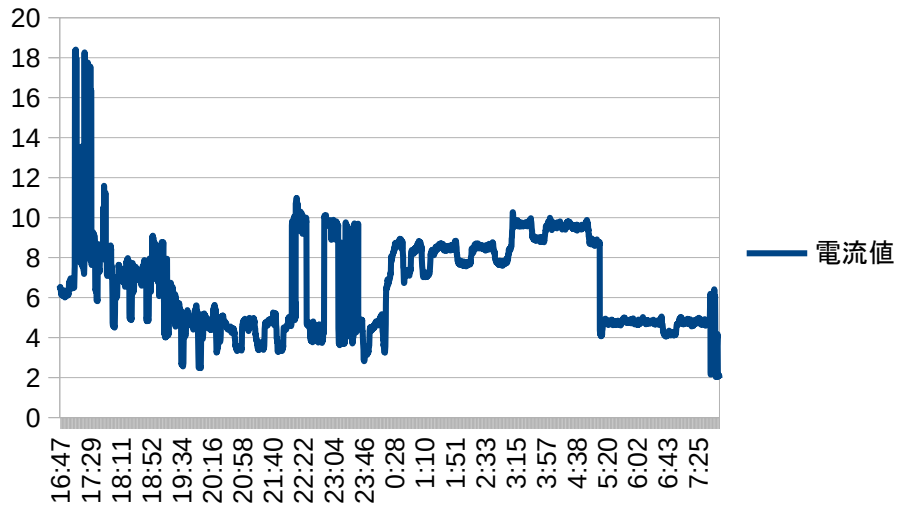
【送信例】

```
URL
  http://api.example.jp/datalogger.rb?ctrl=ac_current&action=post"

POST DATA
  {"type":"AC current", "mac_address":"4C:55:CC:18:43:BD", "i_ac":1.23}
```

稼働結果

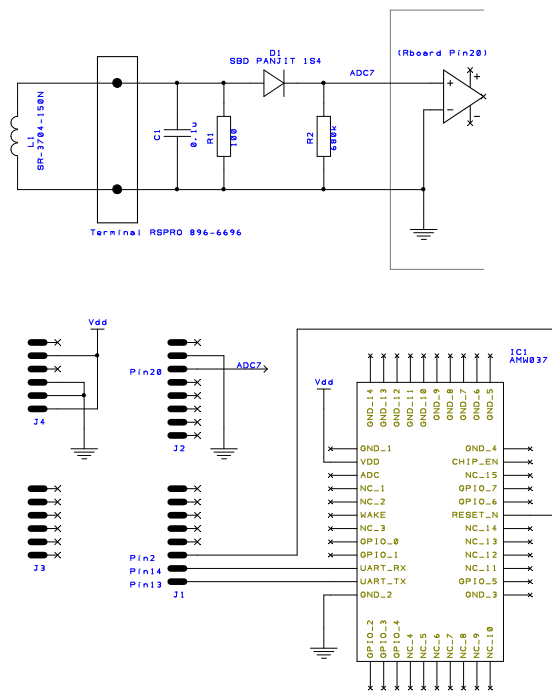
一般家庭の分電盤に設置し、約 10 秒ごとにデータを取得して 12 時間程度稼働させた結果を以下に示す。



基板回路図

Arduino 用ユニバーサル基板を使い、その上に半波整流回路と端子を設けている。また、WiFi モジュールの固定のため、同基板上に半田付けで WiFi モジュールの取付を行っている。

以下に回路図を示す。



パーツリスト

別紙